

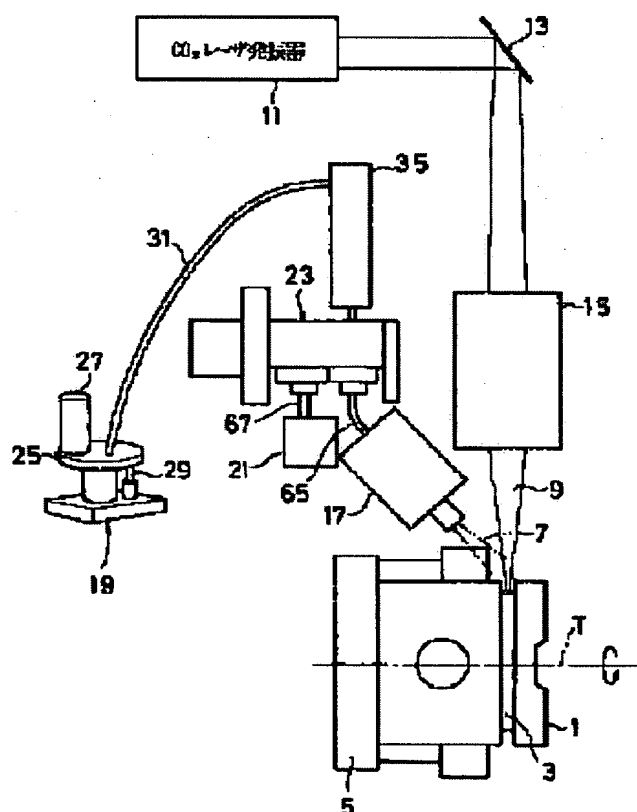
LASER CLADDING BY WELDING POWDERY MATERIAL SUPPLY METHOD AND DEVICE THEREFOR

Patent number: JP10296470
Publication date: 1998-11-10
Inventor: NISHINO SHINJI; MATSUYAMA HIDENOBU; KANAI KOICHI
Applicant: NISSAN MOTOR
Classification:
- international: B23K26/00; B23K37/00; F02F3/00; B23K26/00; B23K37/00; F02F3/00; (IPC1-7): B23K26/00; B23K37/00; F02F3/00
- european:
Application number: JP19970109695 19970425
Priority number(s): JP19970109695 19970425

Report a data error here

Abstract of JP10296470

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent defective states such as generation of crack of a cladding by welding layer owing to an unstable amount of material supply at an early stage of supply when a powdery copper alloy kept in a material storage is supplied to a powdery material charging nozzle using a compressive fluid. **SOLUTION:** An annular groove 3 to become a piston ring groove is irradiated with a laser beam 9 while a powdery copper alloy 7 is charged through a powdery material charging nozzle 17, and a cladding by welding layer excellent in wear resistance is formed. The material supply to the powdery material charging nozzle 17 is executed by sending the powdery copper alloy on the rotating material receiver in an enclosed case 25 of a material supply part 19 into a changeover valve 23 in company with helium charged into the case 25 from a gas supply inlet 29 flowing out into a material supply hose 31. The changeover valve 23 is capable of changeover either to the state of the material being supplied to the powdery material charging nozzle 17 or to the state of the material being discharged to a discharging vessel 21, and in a prescribed time after the start of supply of the material in the material supply part 19, the powdery copper alloy is discharged into the discharging vessel 21.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

EV 320 245 972 US

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-296470

(43)公開日 平成10年(1998)11月10日

| | | | |
|------------------------------|-------|---------------|---------|
| (51)Int.Cl. ⁸ | 識別記号 | F I | |
| B 2 3 K 26/00 | 3 1 0 | B 2 3 K 26/00 | 3 1 0 B |
| | | | 3 1 0 N |
| 37/00 | | 37/00 | A |
| F 0 2 F 3/00 | | F 0 2 F 3/00 | N |
| | | | G |
| 審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁) | | | |

(21)出願番号 特願平9-109695

(22)出願日 平成9年(1997)4月25日

(71)出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72)発明者 西野 眞司

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(72)発明者 松山 秀信

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(72)発明者 金井 晃一

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

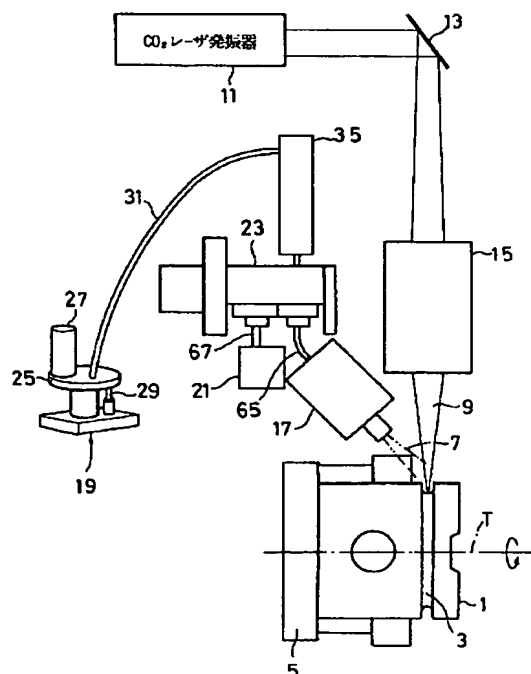
(74)代理人 弁理士 三好 秀和 (外8名)

(54)【発明の名称】 レーザ肉盛り用粉末材料の供給方法及び同供給装置

(57)【要約】

【課題】 材料収容部に収容されている銅合金粉末を、圧縮性流体を用いて粉末投入ノズルまで供給する際に、供給初期の不安定な材料供給量に基づく肉盛り層のクラック発生などの不具合を防止する。

【解決手段】 ピストンリング溝となる環状溝3に、銅合金粉末7を粉末投入ノズル17により投入しつつレーザービーム9を照射して、耐摩耗性に優れた肉盛り層を形成する。粉末投入ノズル17への材料供給は、材料供給部19における密閉されたケース25内にて回転中の材料受け上の銅合金粉末を、ガス供給口29によりケース25内に送り込まれたヘリウムガスが材料供給ホース31に流出するのに伴って、切替バルブ23に送り込むことによりなされる。切替バルブ23は、粉末供給ノズル17に材料が供給される状態と、排出容器21に材料が排出される状態とに切替可能で、材料供給部19の材料供給動作開始後の所定時間は、銅合金粉末を排出容器21に排出させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 金属母材表面に、粉末状の他金属材料を材料投入口から投入しつつレーザビームを照射して肉盛り層を形成する際に、材料収容部に収容されている前記他金属材料を、圧縮性流体を用いて前記材料投入口に搬送供給するレーザ肉盛り用粉末材料の供給方法において、前記他金属材料を、前記圧縮性流体による材料供給動作の開始後所定時間の間は前記材料投入口に供給せず、所定時間経過後に材料投入口に供給することを特徴とするレーザ肉盛り用粉末材料の供給方法。

【請求項2】 材料収容部から材料投入口に至る材料供給通路中に、材料供給動作開始前に存在している他金属材料が、材料供給動作によりほぼ排出された時点で、他金属材料を材料投入口へ供給することを特徴とする請求項1記載のレーザ肉盛り用粉末材料の供給方法。

【請求項3】 肉盛り層は、その肉盛り作業開始部となる始端部に、肉盛り作業終了部となる終端部が重ね合わされて形成されるものであり、材料収容部と材料投入口とを結ぶ材料供給通路に、材料収容部から送り出された他金属材料を排出容器に排出する材料排出形態と、同他金属材料を材料投入口に供給する材料供給形態とに切り替わる切替部が設けられ、この切替部の前記材料排出形態から材料供給形態への切り替え速度を、前記始端部表面の金属母材表面に対する傾斜角度 θ が、 $8^\circ < \theta < 27^\circ$ となるように設定したことを特徴とする請求項1または2記載のレーザ肉盛り用粉末材料の供給方法。

【請求項4】 金属母材表面に、粉末状の他金属材料を材料投入口から投入しつつレーザビームを照射して肉盛り層を形成する際に、材料収容部に収容されている前記他金属材料を、圧縮性流体を用いて前記材料投入口に搬送供給するレーザ肉盛り用粉末材料の供給装置において、前記材料収容部と材料投入口とを結ぶ材料供給通路に、材料収容部から送り出された他金属材料を排出容器に排出する材料排出形態と、同他金属材料を材料投入口に供給する材料供給形態とに切り替わる切替部を設け、この切替部は、前記圧縮性流体による材料供給動作の開始後所定時間の間は前記材料排出形態となっており、所定時間経過後に、前記材料供給形態に切り替わる構成であることを特徴とするレーザ肉盛り用粉末材料の供給装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、金属母材表面に、粉末状の他金属材料を材料投入口から投入しつつレーザビームを照射して肉盛り層を形成する際に、材料収容部に収容されている他金属材料を、圧縮性流体を用いて材料投入口まで搬送供給するレーザ肉盛り用粉末材料の供給方法及び同供給装置に関する。

【0002】

【発明が解決しようとする課題】この発明は、材料収容

部に収容されている他金属材料を、圧縮性流体を用いて材料投入口まで搬送供給する際に、供給初期の不安定な材料供給量に基づく肉盛り層のクラック発生などの不具合を防止することを目的としている。

【0003】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、この発明は、第1に、金属母材表面に、粉末状の他金属材料を材料投入口から投入しつつレーザビームを照射して肉盛り層を形成する際に、材料収容部に収容されている前記他金属材料を、圧縮性流体を用いて前記材料投入口に搬送供給するレーザ肉盛り用粉末材料の供給方法において、前記他金属材料を、前記圧縮性流体による材料供給動作の開始後所定時間の間は前記材料投入口に供給せず、所定時間経過後に材料投入口に供給する供給方法としてある。

【0004】圧縮性流体による材料供給動作の開始後所定時間の間は、材料供給量が不安定であることから、他金属材料を材料投入口に供給せず、材料供給量の安定した所定時間経過後に供給することで、材料投入口から金属母材表面への材料投入量が加工初期から安定したものとなる。

【0005】第2に、材料収容部から材料投入口に至る材料供給通路中に、材料供給動作開始前に存在している他金属材料が、材料供給動作によりほぼ排出された時点で、他金属材料を材料投入口へ供給する供給方法としてある。

【0006】材料収容部から材料投入口に至る材料供給通路中に、材料供給動作開始前に存在している他金属材料が、材料供給動作により送り出される過程では、材料投入口への材料供給量が不安定であり、このため、材料供給通路中に存在している他金属材料がほぼ排出された時点で材料投入口に供給することで、材料投入口から金属母材表面への材料投入量が加工初期から安定したものとなる。

【0007】第3に、肉盛り層は、その肉盛り作業開始部となる始端部に、肉盛り作業終了部となる終端部が重ね合わされて形成されるものであり、材料収容部と材料投入口とを結ぶ材料供給通路に、材料収容部から送り出された他金属材料を排出容器に排出する材料排出形態と、同他金属材料を材料投入口に供給する材料供給形態とに切り替わる切替部が設けられ、この切替部の前記材料排出形態から材料供給形態への切り替え速度を、前記始端部表面の金属母材表面に対する傾斜角度 θ が、 $8^\circ < \theta < 27^\circ$ となるように設定してある。

【0008】図9～図11は、肉盛り層形成後の被検査ワークを三つとして、傾斜角度 θ に対する肉盛り層の終端部でのクラック発生状況を表にして示したもので、「○」が全てのワークにクラックの発生がない場合、「△」が一つまたは二つにクラックが発生した場合、「×」が全てのワークにクラックの発生があった場合で

ある。

【0009】図9は、傾斜角度 θ が5度～40度までを5度間隔で検査したもので、傾斜角度 θ が5度及び、30度以上では、全てのワークにクラックの発生があり、25度では一つのワークにクラックの発生が見られた。図10は、図9において、クラック発生頻度の高い5度及び、同頻度の低い10度近辺の傾斜角度 θ を、3度から14度まで1度間隔で検査した結果である。これによれば、7度以下では全てのワークに、8度では一つのワークに、それぞれクラックの発生が見られ、9度以上ではクラックの発生が見られなかった。図11は、図9において、クラックが発生しうる25度及び30度近辺の傾斜角度 θ を、1度間隔で検査した結果である。これによれば、26度以下では全てのワークにクラックの発生がなく、29度以上では全てのワークにクラックの発生が見られ、その中間の27度では一つ、28度では二つのワークにそれぞれクラックの発生が見られた。

【0010】以上より、傾斜角度 θ が、 $8^\circ < \theta < 27^\circ$ となるように、切替部を、材料排出形態から材料供給形態に切り替えることで、クラックがほとんど発生しない高品質な肉盛り層が得られることになる。

【0011】第4に、金属母材表面に、粉末状の他金属材料を材料投入口から投入しつつレーザビームを照射して肉盛り層を形成する際に、材料収容部に収容されている前記他金属材料を、圧縮性流体を用いて前記材料投入口に搬送供給するレーザ肉盛り用粉末材料の供給装置において、前記材料収容部と材料投入口とを結ぶ材料供給通路に、材料収容部から送り出された他金属材料を排出容器に排出する材料排出形態と、同他金属材料を材料投入口に供給する材料供給形態とに切り替わる切替部を設け、この切替部は、前記圧縮性流体による材料供給動作の開始後所定時間の間は前記材料排出形態となっており、所定時間経過後に、前記材料供給形態に切り替わる構成である。

【0012】圧縮性流体による材料供給動作の開始後所定時間の間は、材料供給量が不安定であることから、切替部を材料排出形態とすることで、他金属材料が材料投入口に供給されず、材料供給量の安定した所定時間経過後に、切替部を材料供給形態に切り替えることで、材料投入口から金属母材表面への材料投入量が加工初期から安定したものとなる。

【0013】

【発明の効果】第1の発明によれば、材料供給量が不安定な材料供給動作の開始後所定時間の間は、他金属材料を金属母材に通ずる材料投入口に供給せず、材料供給量の安定した所定時間経過後に材料投入口に供給することで、材料投入口から金属母材表面への材料投入量が加工初期から安定したものとなって高品質な肉盛り層が得られ、肉盛り層におけるクラック発生などの不具合を防止することができる。

【0014】第2の発明によれば、材料収容部から材料投入口に至る材料供給通路中に存在している他金属材料が、圧縮性流体による材料供給動作によりほぼ排出された時点で、材料供給口に他金属材料を供給することで、材料投入口から金属母材表面への材料投入量が加工初期から安定したものとなって、高品質な肉盛り層が得られ、肉盛り層におけるクラック発生などの不具合を防止することができる。

【0015】第3の発明によれば、肉盛り層の始端部に終端部を重ねて肉盛り層を形成する際に、始端部表面の金属母材表面に対する傾斜角度 θ が、 $8^\circ < \theta < 27^\circ$ となるように、切替部を、材料収容部から送り出された他金属材料を排出容器に排出する材料排出形態から、材料投入口に供給する材料供給形態に切り替えることで、クラックがほとんど発生しない高品質な肉盛り層を得ることができる。

【0016】第4の発明によれば、材料供給量が不安定な材料供給動作の開始後所定時間の間は、切替部を材料排出形態とすることで、他金属材料が材料投入口に供給されず、材料供給量の安定した所定時間経過後に、切替部を材料供給形態に切り替えることで、材料投入口から金属母材表面への材料投入量が加工初期から安定したものとなって高品質な肉盛り層が得られ、肉盛り層におけるクラック発生などの不具合を防止することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を図面に基づき説明する。

【0018】図1は、この発明の実施の一形態に係わるレーザ肉盛り用粉末材料の供給装置を示す全体構成図である。ここでの金属母材としては、エンジンにおけるアルミニウム合金からなるピストン1であり、このピストン1のピストンリング溝となる環状溝3に、他金属材料である銅合金からなる肉盛り層を形成する。この肉盛り層に対し、ピストンリングが嵌入されるピストンリング溝を、機械加工により形成する。これにより、アルミニウム合金として軽量化したピストンにおけるピストンリング溝の耐摩耗性及び耐久性が向上する。

【0019】ピストン1は、治具5によって横置き状態で保持され、かつこの治具5の回転によってピストン1の中心軸線Tを中心として回転する。環状溝3には、銅合金粉末7が、環状溝3の斜め上方から供給されるとともに、この供給された銅合金粉末7を加熱溶融させるためのレーザビーム9が、環状溝3の上方から照射される。

【0020】レーザビーム9は、CO₂レーザ発振器11から発振したものが、ミラー13で反射し、集光ヘッド15にて所定の照射部位に集光される。

【0021】一方、銅合金粉末7は、材料投入口を構成する粉末投入ノズル17から環状溝3に投入される。この粉末投入ノズル17には、銅合金粉末が収容される材

料収容部を備えた材料供給部19から、この材料供給部19より送り込まれた銅合金粉末を、粉末投入ノズル17に供給する材料供給形態と、排出容器21に排出する材料排出形態とに切り替わる切替バルブ23を経て銅合金粉末が供給される。

【0022】材料供給部19は、材料収容部となる内部が密閉された中空円板状のケース25と、ケース25の外周側近傍の上部からケース25内に銅合金粉末を送り込む材料格納筒27と、ケース25の下方から圧縮性流体であるヘリウムガスをケース25内に送り込むガス供給口29とを備えている。ケース25の前記材料格納筒27とは別の位置における外周側近傍の上部には、材料供給通路を構成する材料供給ホース31の一端が接続されている。

【0023】ケース25内には、材料格納筒27からの銅合金粉末が入り込む環状の凹部を備えた回転可能な材料受けが収納されており、材料受けに供給された銅合金粉末が、材料受けの回転によって材料供給ホース31の接続部に達したところで、ケース25内に送り込まれたヘリウムガスの材料供給ホース31への流れに伴って、材料供給ホース31に順次送り込まれる。材料供給ホース31の他端は、切替バルブ23の上部に設置されたガス抜きホッパ35に接続されている。ガス抜きホッパ35は、材料供給ホース31を介して銅合金粉末とともに送り込まれるヘリウムガスを外部に逃がす役目を果たす。

【0024】図2は、切替バルブ23の内部構造を示しており、図3は図2のA-A断面図である。切替バルブ23は、アッパボディ37、ロアボディ39、フロントプレート41及びリアプレート43から構成されるバルブボディ45の摺動孔45a内に、バルブ本体47が図2中で左右方向に摺動可能に収容されている。バルブ本体47は、図3に示すように、左右両側の上部にフランジ47aが形成されており、フランジ47aの下面に固定されたガイド部49が、摺動孔45a内の下面のロアボディ39側に固定されたガイドレール51にガイドされて摺動する。

【0025】バルブ本体47には、図2中で上下方向に貫通する供給路47bと、供給路47bに対しリアプレート43側に位置して傾斜状態で上下に貫通する排出路47cとがそれぞれ形成されている。一方、アッパボディ37には、上下方向に貫通する貫通孔37aが形成され、この貫通孔37aは、バルブ本体47が摺動することで供給路47bと排出路47cとのいずれかに連通する。図2は、貫通孔37aが、供給路47bに連通した材料供給形態であり、排出路47cに連通した材料排出形態は図4に示してある。

【0026】上記バルブ本体47の摺動は、リアプレート43の外面に装着された駆動シリンダ53によってなされる。すなわち、駆動シリンダ53のシリンダロッド

55がバルブ本体47の端部にねじ結合によって固定されており、シリンダロッド55が進退移動することで、バルブ本体47が図2の状態と図4の状態との間を摺動変位する。

【0027】ロアボディ39には、供給路47bに連通する開口39aと、排出路47cに連通する開口39bとが形成されるとともに、その下面に各開口39a、39bに対応して二つの材料ガイドブロック57、59が設けられている。各材料ガイドブロック57、59には、上下に貫通するガイド孔61、63がそれぞれ形成され、いずれのガイド孔61、63も各開口39a、39bに連通する円錐部分61a、63aと下方に開口する円筒部分61b、63bとで構成されている。

【0028】円筒部分61bの下端開口は、材料供給通路を構成する材料供給ホース65の一端に接続され、材料供給ホース65の他端は粉末投入ノズル17に接続されている。一方、円筒部分63bの下端開口は、材料排出ホース67を介して排出容器21に接続されている。

【0029】次に、上記のように構成されたレーザ肉盛り用粉末材料の供給装置の動作を説明する。治具5の回転に伴い、ピストン1がその中心軸線Tを中心に回転し、この回転中のピストン1の環状溝3に銅合金粉末7が粉末投入ノズル17より投入され、この投入された銅合金粉末7に対し、レーザビーム9を照射して溶融させ、これにより、環状溝3内に肉盛り層が形成される。

【0030】上記した肉盛り層を形成する作業において、銅合金粉末7の粉末投入ノズル17への供給は以下のようにしてなされる。材料供給部19のケース25内にて回転中の材料受けの環状凹部に、材料格納筒27から銅合金粉末が供給され、供給された銅合金粉末は、材料受けの回転によって材料供給ホース31の接続部に達したものが、ガス供給口29からケース25内に送り込まれたヘリウムガスの材料供給ホース31への流出に伴ってガス抜きホッパ35に送られる。ガス抜きホッパ35では、ヘリウムガスが外部に放出される一方、銅合金粉末が自由落下により切替バルブ23に供給される。

【0031】ここで、ヘリウムガスによる銅合金粉末の供給動作開始後の経過時間と粉末供給量との相関図である図5に示すように、粉末供給量は、供給動作開始後時間 t までの間は、時間 t 経過後の通常の安定した供給量に対し多量となるなど不安定となっている。これは、供給動作開始前に材料供給ホース31や65内などに存在している銅合金粉末が送り出されるためである。このため、この時間 t までの間は、切替バルブ23を図4に示す材料排出形態とし、これによりガス抜きホッパ35から貫通孔37aを介して切り替えバルブ23内に流入した銅合金粉末は、バルブ本体47の排出路47c、開口39b及びガイド孔63を経て排出容器21に排出される。

【0032】時間 t 経過後は、図5に示すように、粉末

供給量が安定しているので、切替バルブ23を図2に示す材料供給形態とし、これにより切替バルブ23内に流入した銅合金粉末は、バルブ本体47の供給路47b、開口39a及びガイド孔61を経て材料供給ホース65に流れ、粉末投入ノズル17からピストン1の環状溝3に投入される。

【0033】このように、材料供給部19による材料供給動作の開始直後は、ピストン1に銅合金粉末を投入せず、供給量の安定した時間も経過後に、投入するようにしたので、ピストン1への材料投入量が加工初期から安定したものとなり、高品質な肉盛り層が得られる。

【0034】ところで、環状溝3内に肉盛り層を全周にわたって形成する際には、図6に示すように、肉盛り層67の作業開始部となる始端部Sに、作業終了部となる終端部Eを重ね合わせてオーバーラップ部Lを形成する必要がある。このときの始端部Sの表面Saの環状溝3の表面に対する傾斜角度 θ は、切替バルブ23の材料排出形態から材料供給形態への切替速度によって変化する。つまり、切替速度を速くすると、傾斜角度 θ は小さくなり、逆に遅くすると傾斜角度 θ は大きくなる。

【0035】上記した傾斜角度 θ が図7に示すように大きいと、始端部Sに対して終端部Eが重なり始める際に、熔融状態の終端部Eが始端部Sに付着しにくく、環状溝3上における始端部Sの表面Saに対する肉盛り層67の重なり開始部分Pが、溶着しにくく未溶着部となってクラック発生の原因となる。一方、傾斜角度 θ が図8のように小さいと、金属母材（環状溝3）側への入熱が過大となって金属母材の溶融量が増大し、熔融状態の肉盛り層67への金属母材の混入量が増大して凝固後に肉盛り層67にクラックCが発生しやすいものとなる。

【0036】このため、ここでは傾斜角度 θ を、前記図9～図11の結果も踏まえて、 $8^\circ < \theta < 27^\circ$ となるように、切替バルブ23の切替速度を設定してある。これにより、オーバーラップ部Lにおけるクラック発生などの不具合を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施の一形態に係わるレーザー肉盛り用粉末材料の供給装置を示す全体構成図である。

【図2】図1の供給装置における切替バルブの内部構造を示す断面図である。

【図3】図2のA-A断面図である。

【図4】図2の切替バルブを材料排出側に切り替えた状態を示す説明図である。

【図5】図1の供給装置における材料供給部での材料供給量の時間的変化を示す説明図である。

【図6】肉盛り層の始端部と終端部とを重ね合わせたオーバーラップ部を有する肉盛り層の断面図である。

【図7】始端部表面の金属母材表面に対する傾斜角度が大きい場合のオーバーラップ部周辺の断面図である。

【図8】始端部表面の金属母材表面に対する傾斜角度が小さい場合のオーバーラップ部周辺の断面図である。

【図9】この発明に係わるレーザービームによる肉盛り方法において、始端部表面の傾斜角度を5度～40度とした場合のクラックの発生状況を表にして示した説明図である。

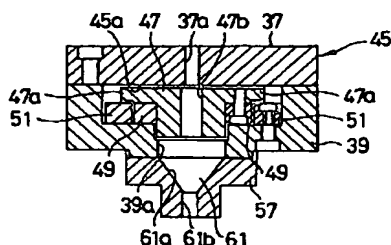
【図10】この発明に係わるレーザービームによる肉盛り方法において、始端部表面の傾斜角度を3度～14度とした場合のクラックの発生状況を表にして示した説明図である。

【図11】この発明に係わるレーザービームによる肉盛り方法において、始端部表面の傾斜角度を24度～34度とした場合のクラックの発生状況を表にして示した説明図である。

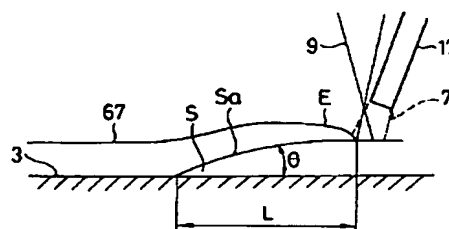
【符号の説明】

- 1 ピストン（金属母材）
- 7 銅合金粉末（他金属材料）
- 9 レーザビーム
- 17 粉末投入ノズル（材料投入口）
- 21 排出容器
- 23 切替バルブ（切替部）
- 25 ケース（材料収容部）
- 31, 65 材料供給ホース（材料供給通路）
- 67 肉盛り層
- S 始端部
- E 終端部

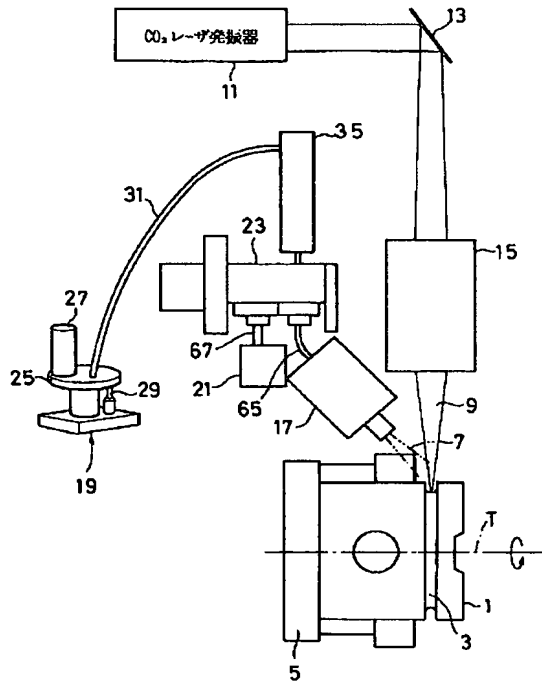
【図3】



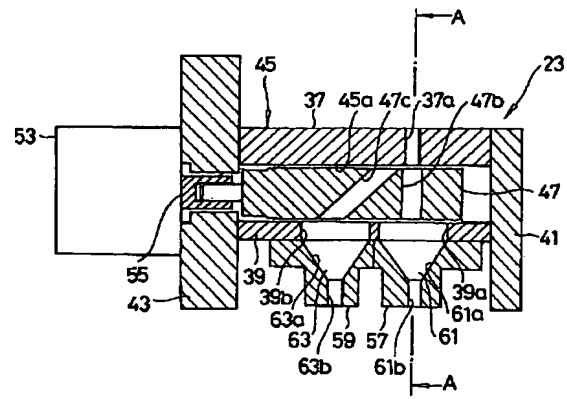
【図6】



【図1】



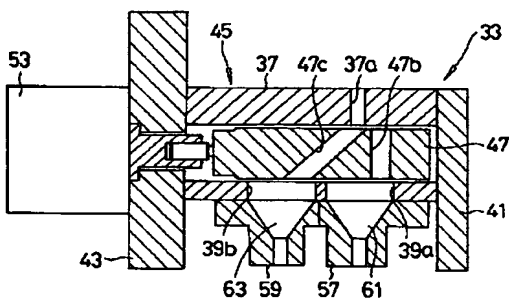
【図2】



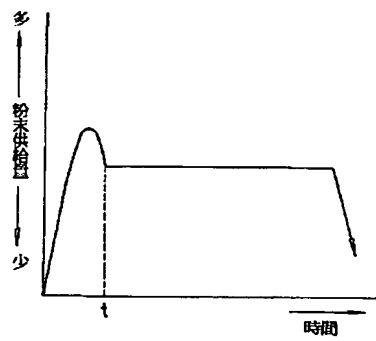
【図9】

| 傾斜角度 θ | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
|---------------|---|----|----|----|----------|----|----|----|
| クラック発生状況 | × | ○ | ○ | ○ | △ (1) | × | × | × |

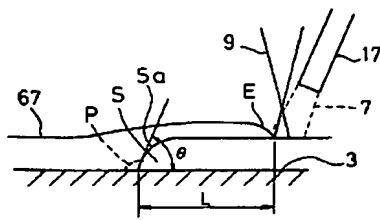
【図4】



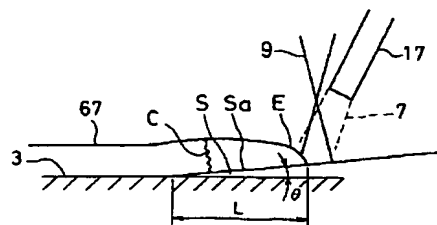
【図5】



【図7】



【図8】



【図10】

| 傾斜角度 θ | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---------------|---|---|---|---|---|-----------------|---|----|----|----|----|----|
| クラック発生状況 | × | × | × | × | × | Δ (1) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

【図11】

| 傾斜角度 θ | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 |
|---------------|----|----|----|-----------------|-----------------|----|----|----|----|----|----|
| クラック発生状況 | ○ | ○ | ○ | Δ (1) | Δ (2) | × | × | × | × | × | × |